核能簡訊

雙月刊 94
中華民國九十四年五月號

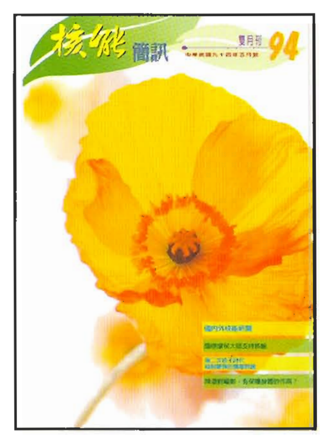
國內外核能新聞

國際環保大師支持核能

第二次核子時代
輻射髒彈的擴散問題

喝啤酒對輻射有防護的作用？

94 核能簡訊 核能簡訊雙月刊 CONTENTS May
民國九十四年五月二十日出刊



出版單位／中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　　址／新竹市光復路二段一〇一號
研發大樓208室
電　　話／(03) 5711808
傳　　真／(03) 5725461
網　　址／http://www.ess.nthu.edu.tw/~nicenter
E-mail／nic@nicenter.twmail.net
發 行 人／朱鐵吉
編輯委員／鄭安弘、李錦田、林　英、林明雄
劉宏基、江祥輝、許志模、開執中
謝瀛春、丁　幹、閻中原、李三剛
劉仁賢、翁寶山
主　　編／喻冀平
文　　編／鍾玉娟、翁明琪
美　　編／孫秀琴
編 印 者／信誠廣告事業有限公司
地　　址／台北市興安街100號3樓之5
■ 行政院新聞局出版事業登記證・局版臺誌字第 851 號

編者的話

國際環保大師派翠克摩爾博士是知名環保團體「綠色和平組織」的創始人之一，自1969年起曾多次親身參與環保抗爭運動，為世界帶來了激進的環保主義。近來卻調整態度，積極支持核能發電。他認為，環保運動不能繼續以純粹的環境價值觀點作為訴求，必須考量攸關人類福祉的社會價值與經濟價值。因此，若要能滿足全球能源需求，風力、地熱、水力等再生能源都只是答案的一部分，核能才是唯一不會排放溫室氣體、可以有效取代化石能源的潔淨安全能源。

俗稱「輻射髒彈」的放射性瀰散武器，是屬於大規模毀滅性武器；雖然不會瞬間造成人民生命財產的大規模毀滅，卻是會造成長期、大規模的放射性污染，傷害更是可怕。因此，如何防堵恐怖組織及不肖份子買賣把持，是全球各國的共同責任。我國也早已擬定相關法案與因應機制，做好萬全的準備，以保護全國人民的生命財產安全。

近來，愈來愈多的研究顯示：許多以往認為有害於人體的，在適量的使用後，反而對人體是有好處的。在「喝啤酒對輻射有防護的作用？」一文中，日本的研究發現，啤酒中含嘧啶核、黑色素細胞抑制素、抗氧化物質、以及多種抗輻射的物質，適量的攝取對人體反而有防護輻射傷害的作用，可說是嗜好杯中物者的佳音。



國內新聞 News

行政院經濟委員會昨日審查台電預算，在京都議定書生效後，非核家園目標要如何推動、何時到來成為質詢焦點。經濟部長何美玥表示，非核家園目標，10年內無法達成。

(94.03.29.中國時報)

民進黨黨主席蘇貞昌接受專訪時表示：民進黨是反核的，支持非核家園；但是就核四而言，曾經停建過核四，為此付出慘重代價，阿扁總統甚至面臨罷免。最後是大法官做出解釋，大法官的解釋是憲政運作，那就受到約束。如果現在再來翻案，可能與憲法不符，而且會引起更大的風波，對社會不見得有利。

(94.04.01.台灣日報)

立法院經濟暨能源委員會昨日審查台電94年預算，核四工程已邁向反應爐吊裝的新里程碑，但核四廠94年度179億預算昨日遭到保留，為核四工程未來進展投入變數。

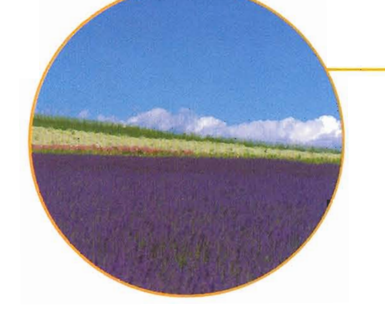
(中國時報94.04.12)

即將在6月舉行的全國能源會議卻沒有核能議題，台電工會理事長施朝賢昨日在核能研究所舉行的台灣原子能論壇，當面向美日韓和瑞典等國與會學者專家「告洋狀」，抗議全國核能會議刻意排除核能發電。

(94.04.26.中國時報)



INFORMATION



國外新聞 News

◎ 美國核准暫時貯存設施

美國核能管制委員會的核照部門批准了猶他州Goshute印地安人的頭顱山谷地帶所擁有的40,000公噸位於地面的集中式表面乾性貯存設施所申請的執照。此項申請案主要由於州政府的反對，迄今已拖延了8年，私人燃料貯存有限責任公司(PFS)期望能儘快取得執照。PFS是由8個設施組成的協會，其計畫是將待處理的用過燃料暫時貯存於一場址達40年之久。

◎ EdF為新反應器尋求投資

法國電力公司(EdF)為了能源密集的歐洲工業將於Flamanville興建的1600百萬瓦電歐洲壓水式反應器(EPR)尋求直接投資。此EPR是為保障有利於消費者長期的電價而興建，同時亦與其他歐洲設施持續討論中。據報導，義大利的Enel有興趣在此計畫中投資25%，大約相當於7.5億歐元。此交易可能涉及技術轉移，以恢復義大利的核能產量與技術基礎。目前義大利每年自EdF進口約200億度的電量，



幾乎是此新EPR將生產電量的兩倍。Enel最近以8.4億歐元以及11億歐元的貸款購買了66%的斯洛伐克電力公司(Slovenske aElektrarne,SE)，即斯洛伐克核能電廠。

◎ 法國長期貯存再處理鈾

法國政府的審計人員指出，法國電力公司自從決定貯存鈾長達250年以做為戰略上的儲備後，源自「近期內顯然不會再利用」的用過燃料中再處理的鈾量。目前，每年再處理1150公噸的EdF用過燃料，生產出8.5公噸的鈽（可立即再循環做為混合氧化物燃料－MOX），以及815公噸的再處理鈾(Rep U)，其中約有650公噸可轉化為貯存用的穩定氧化物形式。EdF已在其900百萬瓦的核能電廠中證實此Rep U的用途，但是由於轉化所需的費用為新鮮鈾的3倍，且濃縮過程需將鈾232及鈾236等不純物分離（前者會使加馬輻射增強，後者則意味著需要更高的濃縮度），因此目前再處理鈾是不經濟的。再處理用過核燃料是法國核能政策的重點。

◎ 瑞典政治觀點發生變化

1970年代瑞典的中央黨開始為反核辯論，導致1980年以公民投票方式調查逐步淘汰核能的三種選擇。其後中央黨在核能方面與3個社會主義政黨聯合，但在其他議題上則與另3個非社會主義政黨聯合。但是最近該黨的領導人已經表明與此稍早的反核立場已有不同的轉向，宣稱防止影響氣候變化的重要性應大於核能電廠的除役。瑞典青年聯盟政黨的主席甚至認為瑞典必須維持其原有核子反應器運轉，避免關閉其中任何一座。此觀點與3月份的民意調查(1027位受訪者)結果中壓倒性多數的意見一致，83%的受訪者支持維持或增加瑞典境內的核能發電，同樣比例的受訪者認為限制溫室效應的氣體釋出是環保的最優先課題。

◎ 英國的核能態度轉向

一份MORI（國際市場與意見研究機構）意見調查(2000位受訪者)發現35%的英國人支持建設更多的核能電廠，希望逐步淘汰核能者則占30%。相較2001年時，支持核能的受訪者只占19%，反對者則高達60%。這個變化反映出公衆與媒體報導對能源安全性與氣候變化問題的關切。

◎ 天然氣管道反映出能源安全議題

由於天然氣供應合約的更新討論一直未獲解決，導致土庫曼在12月31日切斷對烏克蘭的供應3天，烏克蘭最後終於同意在2005年多支付32%，即總計360億立方公尺天然氣中每1000立方公尺支付58美元。烏克蘭的天然氣近乎一半是來自於土庫曼，對俄國的依賴也頗深。在過去兩年中，俄國供應至土耳其、拉脫維亞以及白俄羅斯的天然氣也曾由於商業或政治爭論有過類似的中斷。

超過85%的俄國Gazprom天然氣出口至歐盟－每年1,100億立方公尺－由烏克蘭轉運，而烏克蘭因為擁有天然氣管路，每年因此獲利15億美元。一項28億美元的工程將使每年的流量增加290億立方公尺。土庫曼天然氣每年約有440億立方公尺由烏克蘭轉運到歐洲。德國約有40%的天然氣是由俄國進口，且此比例仍在增加中。

隸屬經濟合作發展組織(OECD)的國際能源署在12月曾因歐洲未來30年內的天然氣需求將有80%是依賴Gazprom，且其大多是經由烏克蘭轉運，因此對歐盟國家提出應採取緊急措施以使其能源多元化的警告。

英國進口天然氣的比例正在增加中。在2

月底「天然氣價格與需求量又創新高」，導致英國化學工業界提出以下警告：「無法再吸收這些對發電成本產生衝擊的價格了。目前天然氣的價格已嚴重傷害到英國工業的競爭力，這樣的高價如果一直持續，其對經濟上的衝擊將十分嚴重」。

◎ 德國風力報告重新配置

一份由供應廠商及風力工業支持的德國政府能源署報告，由於其不利的結論而被撤回重新編輯。綠黨的環境部長Trittin先生說：「我們不希望此份報告的結論被曲解。」這份花費90萬歐元、篇幅500頁的併聯發電報告於2月底發布，顯示出西元2015年以後的可更新未來事件的順序，「無法發現任何可以有系統的整合風力的解決辦法。」因此機會被侷限於2015年之前。

此報告更具體地說明如果德國加速提前在2015年之前將風力渦輪機容量加倍至360億瓦電(GWe)，傳統的容量可以天然氣渦輪機取代基本負載電廠而降載22億瓦電(GWe)。然而，對消費者（實際資助風力發電者）而言，2015年的年度額外費用約上升至16-23億歐元。另外，政府需要在併聯發電結構上投資11億歐元以應付風力供應來源的變動性。另50億歐元用於聯接新的風力場至發電併聯處，係由開發者的稅率支付。此份報告亦宣稱2005年使用風力以避免1公噸的二氧化碳的釋出約需花費41-77歐元－此費用較2007年的數值大幅下降，但相對的將產生溫室效應氣體釋出所省下的費用是來自風力費用增加的問題。

◎ 2004年核能產量

初步數據顯示2004年由於機組容量增加，特別是瑞典與美國機組性能表現良好，使得全球核能產量增加將近4%，達到26,960億瓩小時。

◎ 1998年起核能更具競爭力

一份由經濟合作發展組織(OECD)核能署與國際原子能總署(IAEA)共同提出的報告顯示，在過去7年來核能的競爭力提昇了。主要的變化因素是1998年起核能電廠容量因數增加以及天然氣價格的上升。此份研究並不分析自化石燃料發電機產生含碳釋出物的任何費用，而是將注意力集中於能夠在2010-15年投入營運的電廠。目前核能電廠近期建造成本介於最便宜的捷克共和國的每瓩1000美元至最昂貴的日本的每瓩2500美元之間，平均成本為每瓩1500美元。燃煤電廠成本為每瓩1000-1500美元，天然氣電廠成本為每瓩5000-1000美元，而風力發電廠的成本則為每瓩1000-1500美元。

以5%貼現率計算發電成本，依歐元表示，核能每度2-4分、煤炭每度3-5分、天然氣每度4-6分、風力每度則約為8分。核能成本最低的國家是韓國、捷克、加拿大以及法國，目前日本的核能成本最高。核能在全世界7/10的國家中比燃煤便宜，而除了1個國家外，核能均較天然氣便宜。如以10%貼現率計算，核能成本每度3-5分（日本將近7分以及荷蘭除外），而發電成本為資本額的70%，而非5%貼現率時的50%。此時，核能仍在7/10的國家中較燃煤便宜，而除了2個國家外，均較天然氣便宜。由此份報告的技術分析，德國新的歐洲壓水式反應器(EPR)一旦建造完成，將使電力成本降為每度約2.38分－本研究中的最低成本。

（因本刊篇幅有限，部分國外新聞將在網站中刊登，網址：http://www.ess.nthu.edu.tw/~nicenter）



國際環保大師支持核能

摩爾博士是「綠色和平組織」創始人之一，
曾任加拿大綠色和平組織主席9年，國際綠色和平組織執行長7年。
他認同核能是潔淨安全的能源。

■ 邱賜聰

一、前言

派翠克摩爾(Patrick Moore)是知名環保團體「綠色和平(Greenpeace)組織」的創始人之一，自1969年起多次親身參與環保抗爭運動，為世界帶來了激進的環保主義。他曾冒險以小搏大，對抗美法兩國的核武試爆；也曾面對手持棍棒的惡漢，不顧性命為海豹請命；並曾在俄羅斯捕鯨船前宣揚理念，在危險的魚叉下保護鯨魚。這位自稱激進的環保主義者，甚至曾將自己綁在鐵軌上，阻止運送核子燃料的列車駛往電廠。

摩爾是加拿大人，曾獲英屬哥倫比亞大學生態學博士，獻身環保運動三十幾年，早期是一位激進的環保主義者，後來轉為務實理性的科學環境主義者。面對地球暖化問題，摩爾呼籲應增加核能發電的使用，以避免未來環境生態的浩劫。



派翠克摩爾(Patrick Moore)博士

二、衝突的年代：國際環保運動的崛起

摩爾出生於加拿大溫哥華島的西北部鄉下，14歲離開家鄉到溫哥華就讀寄宿學校，其後進入英屬哥倫比亞大學，主修生物、森林、基因的生命科學，取得生態學博士學位。摩爾自稱是天生的生態學家，不久之後，成為一位激進的環保行動主義者。

1960年代後期，正是嬉皮風氣盛行、反越戰運動如火如荼的年代。1969年10月，美國於阿拉斯加州西岸外海的阿姆奇特島(Amchitka Island)試爆一顆氫彈，由於核爆地點位處地震頻繁的區域，引起加拿大民眾及環保人士的恐慌，擔心核爆將會引發地震及海嘯。試爆當天，為數一萬人的抗議民眾封鎖了美加兩國邊界，高懸「不要製造海嘯--引發斷層將是你們的罪過(Do'nt Make a Wave. Its Your Fault if Our Fault Goes)」的抗議標語。

美國政府無視於抗議，不久即宣布將於1971年進行另一次試爆，此舉引發了後來激烈的環保抗爭運動，也促成了綠色和平組織的誕生。

1969年摩爾還在英屬哥倫比亞大學讀書時，開始與幾位朋友聚集在「溫哥華唯一神教派教堂(Vancouver Unitarian Church)」的地下室，討論如何對美國的氫彈試爆進行抗爭活動。他們成立了一個「不要製造海嘯委員會(Do'nt Make a Wave Committee)」，摩爾是5

位核心成員之一，經過熱烈討論後，他們決定找一艘船航向試爆現場進行實地抗爭。

經過一段時間的籌款及找船之後，1971年9月15日包括摩爾在內的12位平凡百姓，搭上一艘重新命名為「綠色和平(Greenpeace)」的老舊漁船，乘風破浪駛向北太平洋，途中遭到美國海岸巡邏隊的攔截，未能駛抵核爆現場進行抗爭，卻也迫使試爆日期延至1971年11月。此次抗爭活動經由美國及加拿大電視的報導，掀起美加民眾對核子試爆的反對聲浪，最後導致尼克森總統取消原先規劃的另外4次試爆，可說是改變了歷史的一頁。

1972年5月14日國際綠色和平組織正式在加拿大成立，成為一個國際性的環境保護民間組織。在抗爭美國核子試爆的行動發揮效果之後，親身到達破壞環境的現場，成為綠色和平組織對抗環境破壞行為的重要策略。1972年間，針對法國將於南太平洋進行大氣層核子試爆，綠色和平組織再次遠渡重洋展開抗爭活動，卻面臨了比上次更艱辛的歷程。雖於1975年迫使法國停止大氣層試爆而改採地下核爆，但在1985年抗爭地下核爆過程中，停泊在紐西蘭奧克蘭港的「彩虹戰士號」卻被法國情報人員炸沉，一名綠色和平組織人員因此喪命，引起國際極大爭論，最後終使法國停止所有的核子試爆。

1975年間，綠色和平組織向蘇聯捕鯨船隊展開抗爭，他們遠洋航向北太平洋，阻止抹香鯨遭到屠殺。乘著小橡皮艇，面對著大漁叉，環保人士在浪濤浮沉中的抗爭場面令人動容，經由美國三大電視網CBS、ABC及NBC夜間新聞的轉播，更讓綠色和平組織聲名大噪。該組織也曾派船封鎖直布羅陀海峽，阻止蘇聯捕鯨船通過。1979年，「國際鯨魚委員會」終於通過禁止於北太平洋進行商業捕鯨，不久之後，進一步擴及全球各海洋禁止捕鯨。

1978年間，摩爾博士不顧性命為海豹請命。他面對手持棍棒的惡漢，坐在小海豹上面，以自己的身軀保護小海豹。諷刺的是，加拿大政府官員卻依「海豹保護法」，以其行為事先未獲漁業部同意為由，將他逮捕。到了1984年，歐洲市場開始抵制使用小海豹皮革，制止屠殺海豹有了具體成果。

綠色和平組織也反對有害廢棄物越境轉移，曾舉行記者會，揭露一些國家將有害廢棄物越境轉移的真相。1980年代初期，西歐國家在海洋傾倒低及中放射性廢棄物，成千上萬的55加崙廢棄物桶被倒入大西洋海床。在綠色和平組織及英國船員總會的合作抗爭下，終於促成1984年制訂通過國際公約，禁止於海洋傾倒放射性廢棄物。

從1969年溫哥華教堂地下室開始，摩爾博士整整花了15年時間在環保前線衝撞抗爭，為地球的環境生態全力以赴，綠色和平組織的成立及後來成為全球性的組織，摩爾可說是立下了汗馬功勞。該組織成功地贏得西方民主國家多數民眾的支持，到了1980年代中期，該組織已在21個國家設有分部，年收入高達1億美元，參與全球100個以上的環保運動。雖然世界對綠色和平組織的行動評價不一，但作為非政府組織的一員，該組織至今仍活躍在國際環保舞臺上。

三、和解的年代：永續發展理念的興起

在擔任加拿大綠色和平組織主席9年及國際綠色和平組織執行長7年之後，摩爾博士的環保運動思維開始有了轉變。在以往的15年期間，他幾乎每天忙於反對三、四樣東西。

1980年代初期，摩爾開始意識到改變作法的時機似乎已經來臨，以往環保運動的衝突對抗策略，應該逐漸轉向尋求建立共識的策略。他認為，當多數人已經認同你的主張之後，就不必再繼續拿著棍子往頭上猛敲，應該坐下來與對方協商討論，尋求解決環境問題的方法。

所有社會運動的形成過程大都一樣，初期皆是由少數人士以激烈的衝突抗爭方式，先引起社會的注意，取得民衆對其訴求的認同與支持之後，再走向和解之路，務實謀求問題的解決。1982年摩爾參加在肯亞首都奈洛比舉行的聯合國環境研討會，會中他首次接觸到永續發展(sustainable development)的觀念，體悟到單僅衝撞問題是不夠的，應該積極地參與解決實際的環保問題。而環保運動也不能繼續僅以純粹的環境價值觀點作為訴求，必須考量攸關民衆福祉的社會價值及經濟價值因素。

摩爾認為拯救環境的同時，必須兼顧人民生活需求的現實面。畢竟地球上的60億人口每天醒來之後，就會面對糧食、能源及日常用品的現實問題。永續發展的挑戰在於必須兼顧環保及現實需求，創造雙贏的局面，一方面設法減少環境的衝擊，一方面也能提供人們的生活需求。但要取得環境、社會、及經濟價值的平衡，不是一件容易的事，須由政府、工業界、學術界及環保團體的共同協商合作，才有可能獲取適當的答案。

摩爾博士在1986年與「綠色和平組織」分道揚鑣，他認為「綠色和平組織」已遭反文明、反科學、反全球化、反貿易的極端主義者把持。其後，摩爾將理想寄託於自己擔任顧問的「綠色精神(Greenspirit)組織」，致力於尋找現實中真正能解決環境問題的有效方法。摩爾並非用意識型態思考一切問題，他具有崇高理想，同時知道理想在現實社會要如何實踐。此外，摩爾也積極在媒體發表評論及巡迴演講，批評環保團體不合時宜的一些觀念與作法。為表彰其對國際環保運動及環境生態的貢獻，美國北卡羅萊納(North Carolina)大學特於今(2005)年授與榮譽科學博士。

四、環境運動已經迷失方向

2005年1月30日摩爾博士在邁哈密前峰報發表一篇專文：「環境運動已經迷失方向」，就基因改造、捕鮭、乙烯、水力發電、風力發電、核能發電、森林等環保議題，嚴厲批評環保團體反科學並且迷失了方向。摩爾的專文刊出之後，引起國際高度重視，他於專文中指出：

1. 環境運動已經迷失了方向，經常忽視事實而以政治為取向，並以嚇唬策略來搏得民衆的支持。環境運動也不顧科學及邏輯，偏好訴之於情緒及煽情主義。1980年代中期之後，本人逐漸認同永續發展的理念，環境價值、社會價值及經濟價值應取得平衡，將衝突導向共識，以尋求雙贏的答案。
2. 在核能發電議題上，人類繼續大量使用化石能源，想要有效減少溫室氣體的排放，是極不可能的。甚至「地球女神理論」的創始人，英國的環境生態大師詹姆士拉夫拉克(James lovelock)教授，現在也主張核能是維護地球未來環境的關鍵。拉夫拉克教授提出警告，地球正面臨危機，必須以安全、可靠的核能作為能源，否則人類將蒙受地球反撲所帶來的災難。
3. 以「綠色和平組織」及「地球之友組織」為主的環保激進人士，現在仍繼續不斷反對核能，認為核能無助於京都議定書目標的達成。其實，風力、地熱、水力等再生能源，只是答案的一部分而已，核能才是唯一不會排放溫室氣體、可以有效取代化石能源、並能滿足全球能源需求的能源。

五、核能是潔淨安全的能源

面對地球暖化的危機，摩爾博士主張應

該增加核能發電的使用，以減少溫室氣體效應的排放。不久之前，一位民眾向他提出質疑：「據聞美國將要增加核能的使用，難道車諾比爾災變及三哩島事件的教訓還不夠嗎？」。對此問題，摩爾坦然地公開說明，他說：

1. 車諾比爾災變及三哩島事件的確帶來很大的教訓，但並非人們所想像的那樣。車諾比爾災變的發生有其潛在因素，除管理不善外，核子反應器的設計不佳，也沒有圍阻體結構，因此發生事故後無法防止放射性物質的外洩。反之，三哩島事故雖然造成反應器爐心的損壞，但反應器本身仍然保持完整，並且也有圍阻體的設計，此次事件證實了目前的核能電廠具有足夠的安全性。
2. 核能在美國是第二大的電力來源，約有100座核能機組提供全美20％的電力。美國政府認知核能是潔淨的，也具有經濟的效益，因此主張核能是國家能源政策的重要一環。有趣的是，在面對地球暖化威脅的情況下，有越來越多的環保人士開始表態支持核能。這些人士與本人一樣，都認同核能是滿足全球能源需求、大幅減少化石能源消耗的最佳方法。
3. 美國排放的溫室氣體約占全球的1／5，但美國尚未簽署京都議定書，目前仍不受此項公約的減量排放約束。儘管如此，地球暖化畢竟是全球性的問題，減少排放終是無法迴避的。例如排放二氧化碳居首的美國電力公司等，已依京都議定書的精神承諾減少排放，認為美國總有一天也會簽署該公約。
4. 積極推動風力、太陽能、地熱、生質能及水力等再生能源的開發應用，以及增加核能發電的使用，可以大幅減少溫室效應氣體的排放。全世界已有好幾百座核能機組在運轉發電，絕大多數都安全無虞，若與繼續大量消耗化石能源所帶來的潛在危機相比，核能可說是來源豐富、潔淨、而且安全的能源。

六、結語

傳統的環保理念係以環境價值來看待問題，採取衝突對抗方式來突顯問題，引起社會大眾的注意與支持，但卻缺乏解決問題的方法。現代化的環保理念則以永續發展觀點來看待問題，綜合考量環境價值、社會價值、及經濟價值等因素，採取和解共生方式來解決問題，在理想與現實間尋求一個平衡點，創造雙贏的最佳結果。

能源及電力是經濟發展的動脈，也是民眾的生活必需品，在保護環境生態的同時，也須兼顧電力需求以保障民生福祉。環保人士若仍堅持環境價值觀點，反對化石能源、反對核能、甚至反對水力發電，將難以解決現實問題。摩爾博士認為核能是唯一不會排放溫室氣體、可以有效取代化石能源、並能滿足全球能源需求的能源，他呼籲應增加核能的使用。

臺灣的自產能源非常匱乏，卻是亞洲第一個宣布非核家園的國家。面對京都議定書的挑戰，未來如何兼顧非核家園、能源安全、永續發展、民生福祉及國際公約，尋求一個兼顧理想與現實的台灣能源政策，確實是一項艱鉅的課題。政府預定於今(2005)年6月召開「全國能源會議」，屆時勢將觸及核能發電的未來定位或核能電廠的總發電量問題。核能在台灣究竟應該扮演何種適當角色？國際環保大師摩爾博士的呼籲，或許就是答案！

（本文作者為中華民國核能學會理事）



第二次核子時代 輻射髒彈的擴散問題

■ 鍾 堅

21世紀開始，人類見證了全球性的防核擴散行動，如美國為防止伊拉克發展核生化武發動第二次波灣戰爭，及防堵核生化武的非法運輸，啟動了「反擴散安全倡議」行動。大規模毀滅性武器包含3種型態各異的武器：核子武器、生物武器及化學武器。傳統武器固然可對人民生命財產造成大規模的毀滅，但核生化武除造成大規模毀滅外，有別於傳統武器的是核生化武的威懾力強、後遺症深遠。因此，冷戰年代將核生化武歸為一類，與傳統武器作一明顯的區隔，並賦予通稱：大規模毀滅性武器，廣為各國沿用至今。反恐專家亦將放射性瀰散武器（radiological dispersion devices, RDD, 俗稱輻射髒彈）列入大規模毀滅性武器行列，惟須提醒的是，輻射髒彈雖屬大規模毀滅性武器，但不會瞬間造成人民生命財產的大規模毀滅，而是造成長效期的大規模「非」毀滅性的放射性污染。

第二次核子時代，接續冷戰年代的第一次核子時代，始自前蘇聯的崩解，從公元1991年12月起迄今已逾13載。人類與大規模毀滅性武器相伴相處已近1世紀之久，對之早已習以為常：大規模毀滅性的生靈塗炭、廢墟處處的場景，只是虛幻失真的遙遠夢魘。然而，在第二次核子時代，不但大規模毀滅性武器在國與國間橫向擴散失控，且國際恐怖主義高漲，一旦大規模毀滅性武器縱向擴散至恐怖份子手中（並恣意使用），將有可能是人類最嚴重的夢魘甚至是人間浩劫。

後冷戰時代國際政情由東西兩極對抗轉變為一超多強的格局，同時也改變了核子保護傘與保證互毀恐怖平衡的機制。具野心的小國（如北韓），不能再依賴兩極對抗從中謀求生存發展，必須自求多福。特別是強權窮於應付某些地區緊張情勢而無暇他顧時，其他地區的好戰國家勢將趁勢在政治、軍事戰略上以籌獲大規模毀滅性武器來壯大自己。最關鍵且敏感的是，在某些較不具效能的國家（如阿富汗）內，激進團體（如蓋達恐怖組織）在該國橫行無阻，妄圖籌獲大規模毀滅性武器並加以使用，以達到他們的終極目標。

核子物質非法交易的定義是從反核擴散的規範審視，是指在當事國國境內非法移轉（偷竊）核子物質，或跨國非法移轉（走私）核子物質的數量達到可製造核子武器或輻射髒彈的程度。偷竊及走私核子物質的犯罪團體從供應鏈的上游去研析，有多種動機與誘因，其中最大的誘因是將核子物質在黑市中商品化以獲取暴利。另一極端的動機是別有居心自行打造核武或輻射髒彈遂行恐怖攻擊。特別是跨國走私的核子物質，非常可能落入供應鏈下游的企圖擁核國家或組織、團體手中。

核子物質黑市及非法交易已不再是虛構的情節，而是正在進行中的真實情境。在後冷戰年代中，由於前蘇聯的崩解，對核科技專才及可裂材料的控管一度陷入癱瘓，致使大規模毀滅性武器（特別是核武）的擴散管控日益惡化。在第二次核子時代迄公元2003年底，國際原子能總署（IAEA）統計資料顯示，12年

間總計有540件核子物質非法交易被確認。同一期間內，另有344件未經確認但傳媒有報導的核子物質非法交易案件，雖然國際原子能總署對其持續追查中，但並未包括在統計資料內。

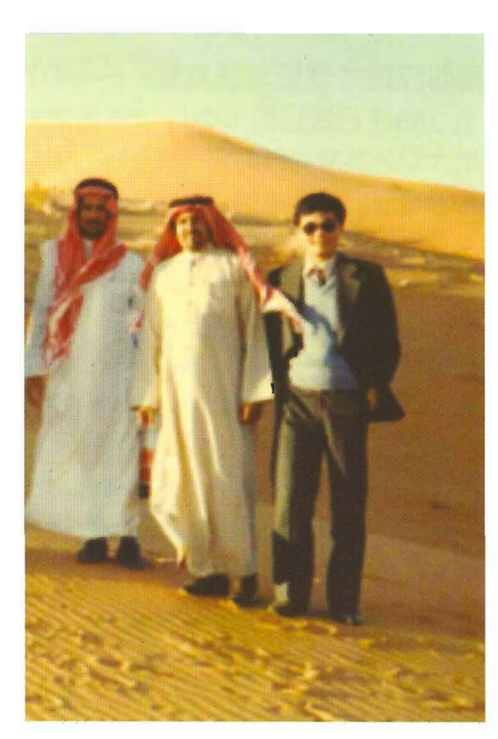
確認的540件核子物質非法交易中，有18件涉及可裂材料的走私，164件涉及可孕材料的走私，另有358案涉及其他放射性物質的走私。

(1) 可裂材料的非法交易

一旦武器級的鈽及高濃縮鈾235同位素可裂材料落入企圖擁核國家或組織、團體手中，將可製成核彈彈心或輻射髒彈。在18件確認的可裂材料非法交易中，有5件所緝獲的可裂材料重量達公斤級，幾乎多到足以讓具有高檔次內爆技術的團體可組裝內爆彈彈心，這些大案依時序先後分別為：

- 公元1994年9月，德國安全單位在慕尼黑國際機場緝獲0.35公斤的鈽239同位素，純度為87%。
- 公元1994年12月，捷克斯拉夫警方在布拉格市緝獲2.7公斤高濃縮鈾，含濃縮度為88%的鈾235同位素。
- 公元2000年4月，捷克警方於布拉格市再度緝獲1公斤高濃縮鈾，含濃縮度93%的鈾235同位素。
- 公元2001年11月，土耳其安全單位在伊斯坦堡緝獲1公斤武器級鈾，含濃縮度為99%的鈾235同位素。
- 公元2002年9月，土耳其安全單位於敘利亞邊境再度緝獲0.1公斤高濃縮鈾，含濃縮度為93%的鈾235同位素。

一般咸信跨國非法交易可裂材料的供應鏈上游，是來自俄羅斯，理由是前蘇聯的瓦解導致核能工業與核武軍備的控管機制鬆散，且核能及核武設施保安體系崩解，乏人看守。然而，擴散議題並非只有供應鏈的上游俄羅斯，擴散議題包括供應鏈的中游，如歐亞地區緝獲可裂材料的案例，及供應鏈下游的黑市買家遍布世界各地，則擴散議題是十足的全球性問題。前述18件確認的非法交易所緝獲的可裂材料數量微不足道，此乃因非法份子故意避免走私更多質量造成超臨界引發意外核爆。隱藏在背後的事實就如同漂浮冰山僅見一角，核子黑市中可裂材料的交易頻率遠大於緝獲次數，甚至絕大多數的可裂材料非法交易均無從緝拿。



聯合世界上以平等待我的民族，共同奮鬥；高明的戰略，是轉化宿敵或恐怖份子為朋友。作者（右1）與阿拉伯友人攝於阿拉伯半島的達納沙漠（作者提供）。



(2) 可孕材料的非法交易

可孕材料專指天然釷礦或鈾礦，若將其置入核子設施如核子反應器及核子燃料後處理熱室，或置入氣體離心廠，即可製造轉化或濃縮出可裂材料的武器級同位素。在164件確認的可孕材料非法交易中，絕大部分緝獲的材料屬低濃縮鈾製成的核燃料丸、純度及成分不一的天然鈾和天然釷與耗乏鈾金屬。雖然在12年間所緝獲的可孕材料次數可觀且可用來製造輻射髒彈，唯其重量並未大到足以製造轉化足量的武器級可裂材料；然而緝獲的次數頻頻，足以證明供應鏈上游的源頭：核設施及貯存庫的控管保全機制蕩然無存；吾人可合理推定在核子黑市未被緝獲的可孕材料非法交易量，遠遠超過緝獲的累積總量。

(3) 其他放射性物質非法交易

在358件已確認的放射性物質非法交易中，絕大部分為密封輻射源，其次為非密封放射性溶液及放射性污染鋼材。這些緝獲的放射性物質其放射性強度與種類繁多，然大多數的放射活度甚小，並不足以造成急性輻射傷害，也不會嚴重到防核擴散機制大舉介入干預；然而，再微弱的放射性物質，均可被運用製成輻射髒彈引起恐慌。國際原子能總署統計資料庫顯示，最近一次重大緝獲案件發生在公元2003年6月13日，泰國警方在曼谷逮捕一名泰籍罪犯，起出1罐自鄰邦寮國竊取走私入境的密封放射性銫同位素射源；其放射活度每秒可釋出遠超過百萬條高能加馬射線。

美國中央情報局於公元2004年11月23日上呈美國國會的「大規模毀滅性武器擴散對美威脅」的年度報告中指出：蓋達恐怖組織絕對有能力製造輻射髒彈及低檔次的化學武器。中央情報局在研析公元2002年於阿富汗擄獲的蓋達組織內部文件後認為：「該組織已進行化學合成實驗，試圖製造糜爛性毒劑芥子氣、神經性毒劑沙林毒氣與維埃克斯毒氣，及氰基全身性毒劑。此外，蓋達組織對輻射髒彈非常投入，此乃因製造技術簡易、使用方便且放射性物質在核子黑市中可輕易買到」。

事實上，蓋達組織並非唯一的恐怖團體。全球有75個主要恐怖組織，多數散布在亞太及中東地區，少數藏匿在歐洲。在公元2004年的前10個月內，這些恐怖組織為了民族仇恨、宗教狂熱與極左傾意識，共發動了1,381次國際恐怖攻擊，攻擊手段密度高者依次為恐怖炸彈攻擊（64%）、武裝恐怖突擊（24%）及綁架（5%），共計造成3,097名無辜民眾死亡、7,041人受傷。

我國政府已針對恐怖團體以大規模毀滅性武器攻擊做好應急準備。行政院依據既有的《反恐怖行動法》草案，重新擬定《我國反恐怖組織架構及運作機制》草案。此一新草案規劃我國反恐工作的組織體系採國安、行政兩系統雙軌制設計，成立行政院「反恐怖行動管控辦公室」及國安局「反恐怖情報整合中心」。

我國政府針對平時及變時大規模毀滅性武器恐怖攻擊的應急行動，將定期在人口密集都會區演訓。第一次綜合演練，已在今（94）年4月13至15日舉行指揮所層級演練，以驗證部會統合協調成效。政府首度公布此一反恐防核生化攻擊的應急措施，旨在嚇阻別有居心的恐怖團體，不要妄圖對有備無患的台灣展開攻擊。

（本文作者為國立清華大學原子科學系專任教授，個人學術網站 http://www.ns.nthu.edu.tw/professor/cc/cc.htm）



喝啤酒對輻射有防護的作用？

■ 葉有財 譯

一、酒精的功用

啤酒是佳釀！

除了是佳釀以外，如果對身體有好處，豈不是更佳？在「醫師的證言，長崎核爆的體驗」一書中[1]，曾經提到「酒精功效」的說法。內容描述的雖然不是針對啤酒，但敘述著「喝酒」能使受到核爆曝露的病人，病情獲得改善的若干病例。此外，從事輻射工作的技師們，相互之間很早就談到「酒」似乎對受輻射曝露過的人有療效的說法。在發生車諾比爾事故的烏克蘭地點，亦有類似的謠傳。可是，飲酒對於輻射防護的有效科學證據，尚未獲得證實。

酒精早已被熟知能捕捉自由基的效應。1972年Roots等人曾經發表：醇類因具有捕捉自由基的作用，使輻射對去氧核醣核酸（DNA）產生切斷的傷害減少[2]。

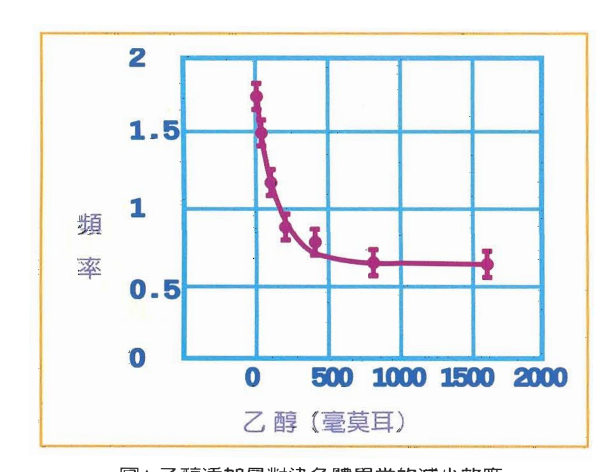


圖1.乙醇添加量對染色體異常的減少效應

縱軸表示照射4 Gy輻射劑量所誘發的1個細胞內所發現的二動原體染色體（染色體異常的一種）的頻率。橫軸表示乙醇的添加量。

本文作者亦針對乙醇（酒精的學名），是否會減少輻射誘發染色體異常，加以調查[3]。其結果指出與Roots等人的報告相同，具有減少染色體異常的效應（如圖1）。

所謂染色體，乃指真核生物的DNA，與蛋白結合形成的高分子構造物，在細胞週期的分裂期（M期）可以見到，使用光學顯微鏡就可容易觀察到。

染色體異常，顧名思義，即指染色體發生異常，亦即以目視的方式，就可以確認在DNA發生的異常。

二、啤酒的功效

關於啤酒的功效，有個有趣的報告指出，啤酒摻入在燒焦的肉或魚片中，可抑制所含致癌物質的誘發變異作用。此乃由日本岡山大學的研究小組所發表，曾在科學（Science）期刊中發表，是以「飲啤酒者的好消息（Good News for Beer Drinkers）」標題刊出，介紹「烤肉時得邊喝啤酒！」[4]。之後，這個研究小組又在啤酒中鑑定出幾種有效的成分。其中一種稱為嘧啶核（Pseudouridine，又稱假尿），是一種抗氧化物的物質。對於某些致癌物誘發沙門氏菌（Salmonella）的遺傳基因突變，具有抑制的功效[5]。而本文作者也在實驗中證實，嘧啶核可減少輻射誘發染色體異常。實驗的方法是先採取血液，再添加嘧啶核後，以游離輻射照射，則發現隨著添加量的增加，顯示染色體異常隨之減少的結果（如圖2）。至於嘧啶核誘導產生（DNA）防護作用的機制，目前尚未明瞭。

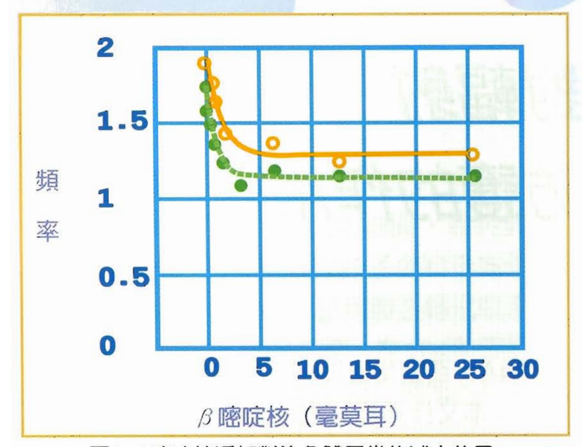


圖2. β嘧啶核添加對染色體異常的減少效果

縱軸表示照射4 Gy劑量所誘發的1個細胞內所發現的二動原體染色體的頻率。橫軸表示β嘧啶核的添加量。

三、啤酒是飲料

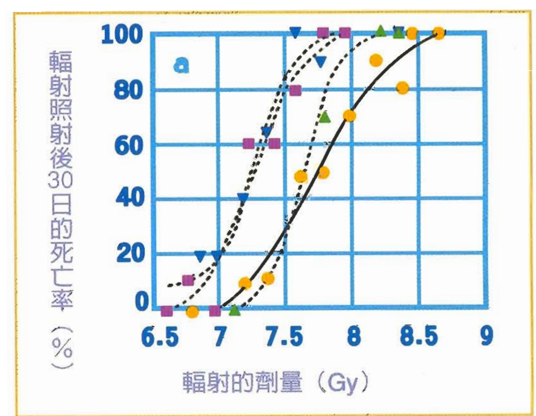
以上的話題，乃針對細菌或細胞浮游液中，直接添加啤酒後，使用致癌物質或以游離輻射照射時，所誘發的異常獲得減少的實驗。接著調查喝啤酒所引起的效應的實驗[6]，方法是在老鼠身上，以口服方式分別餵以1毫克的啤酒、不含酒精啤酒（係將啤酒冷凍乾燥後，加水復原的）、含5.5%乙醇（此濃度是一般啤酒的酒精濃度）以及生理食鹽水等4個類別。經過30分鐘後，以游離輻射照射，照射後第30天，觀察老鼠的死亡率。發現喝啤酒的死亡率最低，其效果超過飲用只含5.5%乙醇酒精溶液。另一方面，不含酒精啤酒與生理食鹽水的老鼠，均毫無效果。

如圖3顯示的結果得知，啤酒中所含有效的成分，可能是和酒精共存，會增進腸吸收的效應所致。實際上喝完啤酒，相隔3小時後的血液，以輻射照射來觀察。結果顯示，喝啤酒後的血液比未喝酒的血液，對於輻射誘發染色體異常有較少發生的情形[7]。

西元2000年，義大利的研究小組報告指出，喝啤酒會有提升血漿中抗氧化的程度[8]。但不含酒精啤酒的抗氧化程度，則提升有限，而單獨的乙醇溶液即無作用。由此結果亦可得知，啤酒的有效成分，與乙醇共存時，始能發揮效用。最近，雖然流行喝不含酒精啤酒，不過，還是含有適量酒精的啤酒，比較清爽可口，也許這是感官的本能原因吧？

四、啤酒中另含有的物質

此外，不被熟知的事實，乃是啤酒中含有少量的黑色素細胞抑制素（Melatonin）（如圖4），它是有名的調節腦部松果體所造出的某種節奏功能的荷爾蒙。這種荷爾蒙是到國外旅



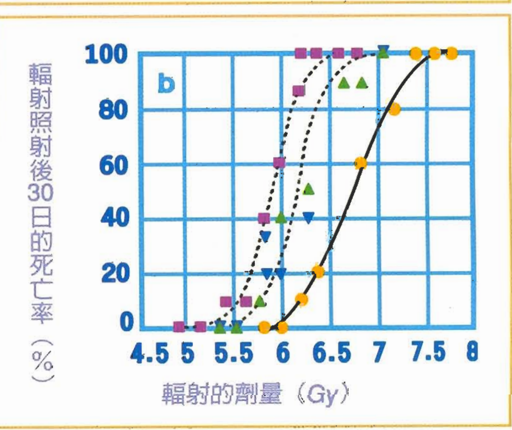


圖3.啤酒對老鼠輻射照射導致骨髓死亡的防護作用

縱軸表示輻射照射後30天，老鼠的死亡率。橫軸表示輻射的劑量。

a ：200 kVp x射線

b ：50 keV/μm 碳離子射束

● ：口服1mL（毫升）啤酒組

■ ：生理食鹽水組

▲ ：含5.5%乙醇的酒精溶液組

▼ ：不含酒精啤酒組

行時，用來調整時差的一種藥劑。

1995年，Vijayalaxmi等人，初次報告黑色素細胞抑制素具有輻射防護的活性[9]。之後，出現各種相關黑色素細胞抑制素的輻射防護活性報告。黑色素細胞抑制素除了有去除游離基的活性作用之外，亦可誘發體內抗氧化體系的功能[10]。

五、結語

啤酒內除了含有如紅酒的多酚(polyphenol)之外，尚含有其他抗氧化物質，以及多種輻射傷害防護物質。個別微量成分的效果雖小，但各種成分相加起來卻具有相乘作用，其效果就很大。

無論如何，只要是適量的話，喝啤酒會比不喝來的好吧！

參考文獻

1) 調來助．吉澤康雄著：「醫師的證言　長崎原爆體驗」，（財）東京大學出版會，東京(1982年)

2) Roots, R. and Okada, S. : Protection of DNA molecules of cultured mammalian cells from radiation-induced single-strand scissions by various alcohols and SH compounds, Int. J. Radiat. Biol. Relat. Stud. Phys. Chem. Med., 21, 329-342(1972)

3) Monobe, M., Arimoto-Kobayashi, S. and Ando, K. : Beta-pseudouridine, a beer component, reduces radiation-induced chromosome aberrations in human lymphocytes, Mutat. Res., 538, 93-99(2003)

4) "Good News for Beer Drinkers", Science, 274, 1309-1310 (1996)

5) Yoshikawa, T., Kimura, S., Hatano, T., Okamoto, K., Hayatsu, H. and Arimoto-Kobayashi, S.: Pseudouridine, an antimutagenic substance in beer towards N-methyl-N'-nitro-N-nitrosoguanidine(MNNG), Food Chem. Toxicol., 40, 1165-1170 (2002)

6) Monobe, M., Koike, S., Uzawa, A. and Ando, K.:Effects of beer administration in mice on acute toxicities induced by X-rays and carbon ions, J. Radiat. Res., 44, 75-80 (2003)

7) Monobe, M. and Ando, K.: Drinking beer reduces radiation-induced chromosome aberrations in human lymphocytes, J. Radiat. Res., 43, 237-245 (2002)

8) Ghiselli, A., Natella, F., Guidi, A., Montanari, L., Fantozzi, P. and Scaccini, C. : Beer increases plasma antioxidant capacity in humans, J. Nutr. Biochem., 11, 76-90 (2000)

9) Vijayalaxmi, Reiter, R. J. and Meltz, M. L.: Melatonin protects human blood lymphocytes from radiation-induced chromosome damage, Mutat. Res., 346, 23-31 (1995)

10) Karbownik, M. and Reiter, R. J. :Antioxidative effects of melatonin in protection against cellular damage caused by ionizing radiation, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 225, 9-22 (2000)

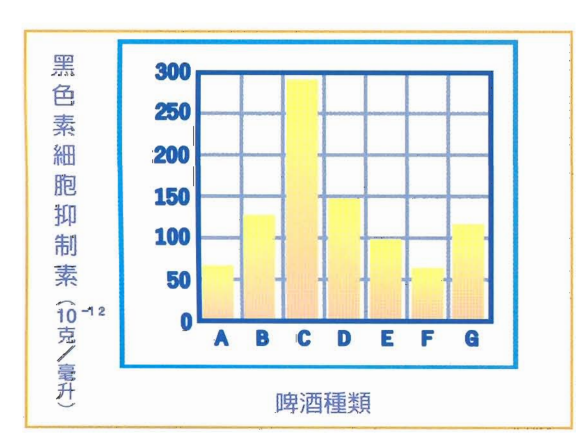


圖4. 啤酒中黑色素細胞抑制素的濃度

縱軸表示黑色素細胞抑制素含量，橫軸表示啤酒種類(A—G)。

（本文承蒙日本アイソトープ協会同意，轉載2004年11月號No.607 Isotope News 的「展望」欄（ビールは放射線から体を守る？），原著：物部真奈美，安藤興一。）



法國南部著名古城埃克斯（Aix-en-Provence）的典型景緻。（法國COGEMA公司提供）